

# ХАРАКТЕРИСТИКА НОВАЦИЙ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ДЛЯ ПОСЕВА В ТЕХНОЛОГИИ БЕЗОТВАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ПОСЕВА

## THE CHARACTERISTIC OF INNOVATIONS OF WORKING BODIES FOR SOWING IN TECHNOLOGY OF SOIL-FREE TILLAGE AND SOWING

**Н.М. БЕСПАМЯТНОВА**, д.т.н.  
**Ю.А. БЕСПАМЯТНОВ**  
**А.А. КОЛИНЬКО**

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», Зерноград,  
Россия, kambulov.s@mail.ru

**N.M. BESPAMYATNOVA**, DSc in Engineering  
**YU.A. BESPAMYATNOV**  
**A.A. KOLIN'KO**

The Federal State Budget Scientific Institution «Agrarian Science  
Center «Donskoy», Zernograd, Russia, kambulov.s@mail.ru

Разработана наукоемкая ресурсосберегающая технология посева семян различных сельскохозяйственных культур с одновременным неконтактным внесением семян и удобрений в условиях недостаточного увлажнения с использованием созданных управляемых системных блоков к посевным и почвообрабатывающим машинам и агрегатам. Семена и удобрения размещаются на разной глубине заделки с созданием уплотненного почвенного ложа для семян, выполняемого в подпочвенном горизонте в соответствии с агротехническими требованиями. Для снижения энергопроцессов в почвообрабатывающих посевных машинах в механические устройства внесены или полностью заменены электрические или электронные аналоги, управление которыми обеспечено подсистемами частотного управления рабочими процессами, адаптированными к свойствам семян и условиям функционирования агрегатов. В процессе высева семена удобрение и подготовленное ложе для семян с заданными агротехническими условиями подвергаются воздействию частотного поля, изменяющего как граничные, так и объемные силы, возникающие в режимах технологических процессов. Рабочая гипотеза выдвинута о том, что равномерность одновременного высева семян и удобрений с различными нормами высева может быть достигнута путем приведения плотности материалов к идентичному виду в вибрационном поле, обеспечивающем устойчивое протекание скорости истечения материала и равномерности его массового расхода. Определены некоторые параметры рабочих органов, выполняющих агротехнические процессы с вибрацией технических систем при высева материалов и создании уплотненного ложа для семян. Представлены варианты разработанных технологических устройств, как вновь созданных, так и переоборудованных существующих батарей со сферическими дисками, снабженными гидропневмоцилиндрами, обеспечивающими демпфирование колебаний рабочих элементов для снижения равномерности посевного ложа. Показаны уровни соответствия показателей технологических процессов, выполненных разработанными устройствами, агротехническим требованиям на посев.

**Ключевые слова:** вибрация, универсальная высевающая система вибродискретного действия, устройство для создания плотного ложа между семенами и удобрениями, снижение энергоресурсов, динамический вес, скорость истечения материалов.

The science-intensive resource-saving technology of sowing seeds of various agricultural crops with simultaneous non-contact application of seeds and fertilizers in conditions of insufficient moistening with the use of created controlled system blocks to sowing and tillage machines and aggregates has been developed. Seeds and fertilizers are placed at different depths of the embankment with the creation of a compacted soil bed for seeds, performed in the subsoil horizon in accordance with agrotechnical requirements. To reduce energy processes in soil cultivating and sowing machines, electrical or electronic analogs are introduced or completely replaced in mechanical devices, control of which is provided by subsystems of frequency control of working processes adapted to the properties of seeds and the conditions of operation of the units. In the process of sowing, the seeds, fertilizer and prepared seedbed with the given agro-technical conditions are exposed to a frequency field that changes both the boundary and the bulk forces that arise in the modes of technological processes. The working hypothesis is taken that the uniformity of the simultaneous sowing of seeds and fertilizers with different sowing rates can be achieved by bringing the density of materials to the identical view in the field of vibration, providing a stable flow of velocity of the material and the uniformity of its mass flow rate. Certain parameters of the working organs that perform agrotechnical processes with the vibration of technical systems during the sowing of materials and the creation of a compacted bed for seeds are determined. Certain parameters of the working bodies that perform agrotechnical processes with the vibration of technical systems during the sowing of materials and the creation of a compacted bed for seeds are determined. There are presented variants of the developed technological devices, both newly created and retrofitted existing batteries with spherical disks equipped with hydropneumatic cylinders, providing damping of vibrations of working elements to reduce uniformity of the seedbed. The levels of compliance of the indicators of technological processes performed by the developed devices, to agrotechnical requirements for sowing are shown.

**Keywords:** vibration, universal sowing system of vibro-discrete action, device for creating a dense bed between seeds and fertilizers, reducing energy resources, dynamic weight, speed of expiration of materials.

## Введение

В состав инноваций входят универсальные высевальные системы вибродискретного действия, ряд устройств для создания плотного ложа между семенами и удобрениями и подсистемы частотного управления рабочими процессами, адаптированными к свойствам семян и условиям функционирования. Для синтеза рабочих органов использована теория регулирования, позволяющая заменить механические устройства на электрические и электронные аналоги с целью снижения энергопроцессов в почвообрабатывающих и посевных машинах.

## Цель исследования

Целью исследования является разработка наукоемкой ресурсосберегающей технологии посева семян различных сельскохозяйственных культур с одновременным неконтактным внесением семян и удобрений в условиях недостаточного увлажнения с использованием созданных управляемых системных блоков к посевным и почвообрабатывающим машинам и агрегатам.

## Материалы и методы

Высев семян и удобрений осуществляется универсальной высевальной системой вибродискретного действия (рис. 1). В основе создания вибрационного аппарата принято положение о том, что сыпучее тело при истечении из бункера находится под воздействием дополнительных вибрационных внешних сил, изменяющих как граничные, так и объемные силы этого тела. В частности, плотность высеваемого материала изменяется по величине и направленности [1].

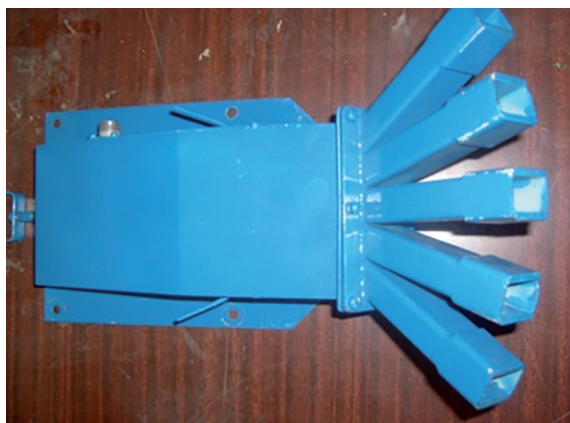


Рис. 1. Универсальный виброаппарат для посева семян и удобрений

Поэтому была предпринята рабочая гипотеза о том, что равномерность одновременного высева семян и удобрений с различными нормами высева может быть достигнута путем приведения динамического веса материалов к идентичному виду в вибрационном поле, обеспечивающем устойчивое протекание скорости истечения материала и равномерности его массового расхода.

При воздействии на истекающий поток материала из бункера дополнительными ускорениями  $j$  тело приводится в некоторое новое поле тяготения, как бы отличное от поля тяготения Земли. Плотность  $\gamma$  сыпучего тела в этом поле тяготения будет меньше, чем обычно, ее принято называть его динамическим объемным весом  $\gamma_d$  [2–4], который определяется по зависимости:

$$\gamma_d = \gamma \sqrt{\left(1 - \frac{j}{g}\right)^2},$$

где  $\gamma$  – плотность, кг/м<sup>3</sup>;  $j$  – внешнее ускорение, придаваемое сыпучему телу, м/с<sup>2</sup>;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Практически изменение плотности достигается изменением силы и направленности внешнего ускорения вибратором аппарата вибродискретного действия [1]. Приводя плотности различных тел к однозначным динамическим, можно решить задачу создания единого универсального высевального аппарата для любых сельскохозяйственных культур и удобрений [5].

Было установлено, что расширение технологических возможностей высевальной системы достигается в результате динамического равновесия между давлением семян, накопленных в дозаторе, и упругими силами затвора. Частота колебаний затвора зависит от частоты датчика скорости движения сеялки, а длительность постоянного импульса определяет амплитуду отключения затвора.

Определены границы устойчивости режима истечения семян различных культур и видов удобрений, обеспечивающих заданные нормы высева.

Равномерность высева заданной нормы высева семян и удобрений в соответствии с агротехническими требованиями рассматривалась в постоянстве (устойчивости массового расхода высеваемого материала в единицу времени). Масса выделенного элемента, кг:

$$m = \frac{S \Delta h \gamma}{q},$$

где  $S$  – площадь основания выгрузного отверстия,  $m^2$ ;  $\Delta h$  – высота элементарного объема высеваемого материала,  $m$ ;  $\gamma$  – плотность,  $kg/m^3$ .

Среднее значение напряжения  $\sigma_{cp}$  на пластину вибратора:

$$\sigma_{cp} = R \gamma \chi,$$

где  $R = \frac{\omega}{L}$  – гидравлический радиус отверстия:

$$\chi[3] = \frac{1}{f} + 2f - \sqrt{1 - f^2}.$$

Здесь  $f$  – коэффициент внутреннего трения.

На рис. 2 представлено среднее значение теоретического давления на пластину-вибратор для семян пшеницы, льна и удобрений (селитры).

Из графика видно, что среднее значение давления на пластину выпускного отверстия для семян пшеницы с высотой слоя растет незначительно, а для удобрений давление возрастает почти в два раза, т.к. коэффициент трения  $f$  у селитры составляет 0,85...1,0, а для пшеницы 0,47...0,73; плотность селитры составляет 800...1000  $kg/m^3$ , а пшеницы 650...810  $kg/m^3$ .

Коэффициент подвижности материала определяется по соотношению  $m_n = \frac{R\gamma}{f}$ , или  $C \frac{\tau}{f}$ . Следовательно, при большом коэффициенте трения подвижность материала и скорость его истечения снижаются. Поэтому образование сводов в слое высеваемых частиц удобрений

происходит быстрее. Скорость истечения материалов может быть получена по зависимости [2]:

$$V_0 = \lambda \sqrt{2g\chi R} = \sqrt{2g \frac{P}{S\gamma}},$$

где  $\lambda$  – коэффициент истечения ( $\lambda = 0,67$  – для пшеницы;  $\lambda = 0,44$  – для суперфосфата).

### Результаты исследования

Нами аналитически и практически установлено, что все виды сельскохозяйственных культур в вибрационном поле приобретают собственные скорости истечения из бункеров, зависящие не от механических размеров, а, скорее, от физических свойств: плотности  $\gamma_0$ ; коэффициента трения  $f$ ; начального сопротивления сдвигу  $\tau_0$  [1].

Исходя из полученных результатов исследований установлено, что физические свойства семян и удобрений следует разделять по принципу их скоростей истечения из бункеров.

Полученные по представленным зависимостям данные показали, что скорости истечения находятся в пределах зерновых культур: 3,15...3,66 м/с; ячменя 4,37...5,16 м/с; гречихи и льна 5,16 м/с; проса 5,3 м/с; риса 4,7 м/с; льна 5,16 м/с. Для посева удобрений эти значения следующие: для суперфосфата 3,5 м/с; селитры 4,19 м/с.

Поскольку изменить физические свойства материалов невозможно, то технически вполне допустимо реальное изменение динамического объемного веса при обеспечении соотношения  $j/q$  в заданном направлении. Согласно нашим

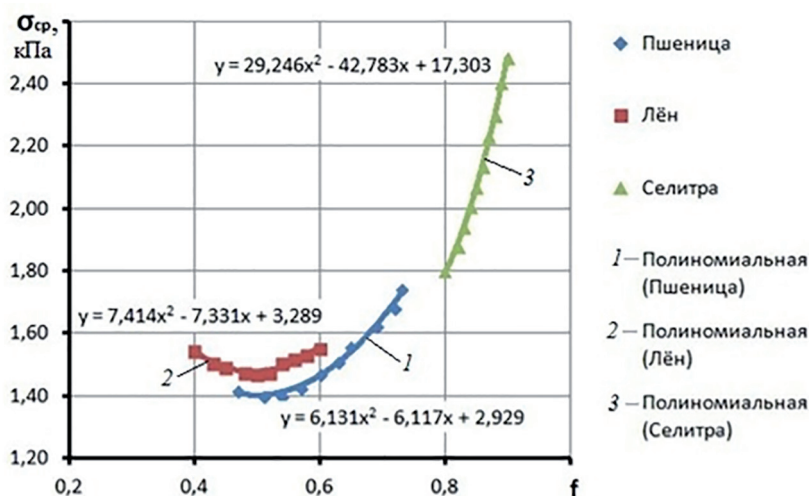
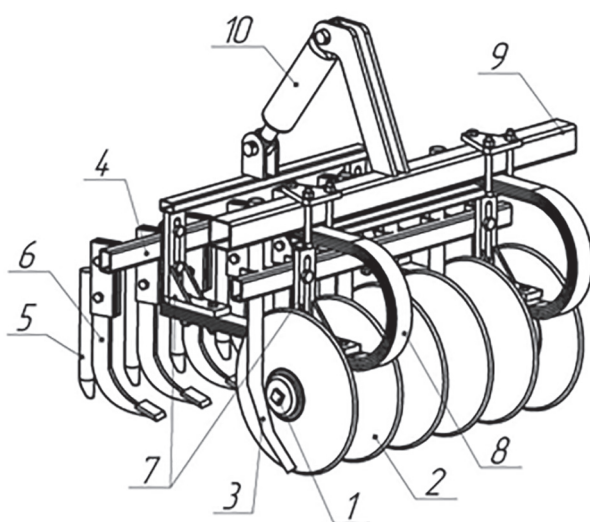


Рис. 2. Среднее теоретическое давление на пластину-вибратор для семян пшеницы, льна и удобрений (селитра)

исследованиям, для сельскохозяйственных культур соотношение  $j/q$  не превышает 1,3...2,0. В конкретном случае это соотношение достигается при частоте вибратора 6 Гц.

Посев семян и удобрений в условиях недостаточного увлажнения почвы сопровождается просыпанием семян в поры к удобрениям, что приводит к обжиганию проростков в агрессивной среде. Агротехническими требованиями предусмотрена необходимость величины подпочвенной прослойки между семенами и удобрениями не менее 5 см. В пересушенной почве семена ищут необходимую плотность почвы 1...1,2 г/см<sup>3</sup> для укоренения, что резко снижает равномерность их первоначальной глубины посева от заданной до 2...2,5 см. В связи с этим появляется «недогон» растений в массе посева, когда более заглубленные семена появляются на дневную поверхность позже остальных, что резко снижает как готовность растений к уборке урожая, так и их продуктивность.

Повышение качества посева одновременно внесения семян и удобрений на различную глубину достигается совершенствованием способа посева, включающего вибрационное создание почвенной прослойки между семенами и удобрениями с разработкой конструкций, способных выполнять такой процесс.



**Рис. 3. Устройство для бесконтактного посева семян и внесения удобрений на разные глубины:**

- 1 – вал; 2 – сферический диск; 3 – тукопровод;
- 4 – семяпровод; 5 – сошник; 6 – носки;
- 7 – кронштейн; 8 – сошниковая секция; 9 – рама;
- 10 – пневмогидроцилиндр

В соответствии с полученными результатами теоретических исследований и выводами для реализации в сельское хозяйство предложены два устройства для бесконтактного посева семян и удобрений: первый на основе батареи со сферическими дисками и второй – электровибратор с упругим вибратором, предназначенный для комбинированных почвообрабатывающе-посевных агрегатов, у которых предполагается проведение одновременной предпосевной обработки почвы, неkontaktного внесения семян и удобрений (рис. 3 и 4).

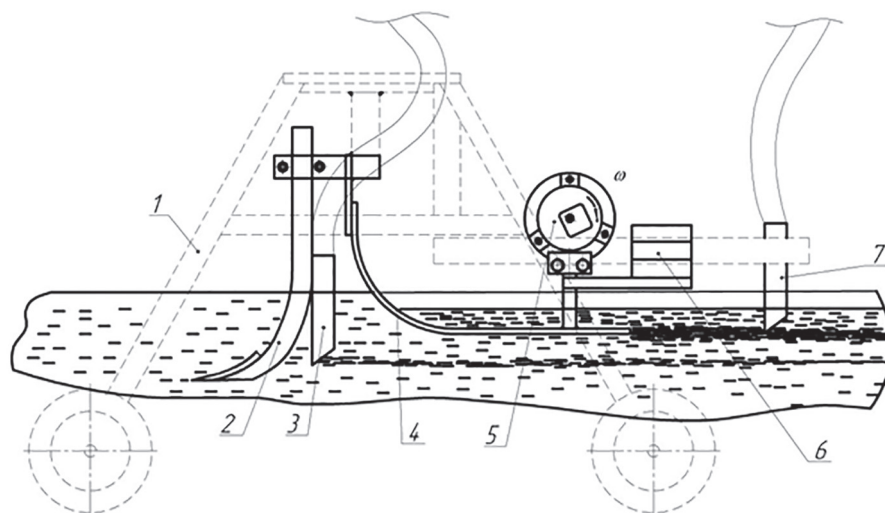
Для реализации в сельское хозяйство предлагается устройство для бесконтактного посева семян и удобрений на основе батареи со сферическими дисками. Недостатком сферических дисков является неравномерное подрезание дна борозды с оставлением желобков и гребней. Предлагается вносить удобрения в желобки дна борозды, а на гребнях дна борозды сеять семена при этом на гребни воздействуют демпфирующие устройства для обеспечения необходимой плотности почвы (рис. 3).

Поставленная задача решается тем, что устройство, содержащее вал со сферическими дисками, включает рессоры с сошниковой секцией, а рама сеялки снабжена гидропневмоцилиндром, обеспечивающим демпфирование колебаний устройства.

Устройство для бесконтактного посева семян и удобрений (см. рис. 3) работает следующим образом. Сферические диски 2, врезаясь в землю, создают бороздки, куда из тукопроводов 3 попадают удобрения. Сошники 5 обеспечивают высев семян между бороздками, образуемыми сферическими дисками 2.

Второй вариант устройства для бесконтактного посева семян и удобрений предназначен для комбинированных почвообрабатывающе-посевных агрегатов, у которых предполагается проведение одновременной предпосевной обработки почвы, внесения семян и удобрений, в частности для сеялки СЗД-4У (рис. 4 и 5).

Устройство (см. рис. 4), предназначенное для одновременного бесконтактного посева семян и удобрений, создания уплотненной почвенной прослойки между семенами и удобрениями, включает в себя лаповый сошник, состоящий из стойки 2 и тукопровода 3, виброустройство в виде С-образной пластины-ложепропозователя 4 и электропривода 5 с дополнительным грузом 6. Кроме того, посредством соединительных кронштейнов к раме



**Рис. 4. Схема лабораторной установки для управляемого уплотнения семенного ложа:**  
 1 – рама; 2 – стойка; 3 – тукопровод; 4 – С-образная пластина-ложеобразователь;  
 5 – электропривод; 6 – дополнительный груз; 7 – семяпровод

тележки 1 жестко закреплен семяпровод 7. В процессе работы С-образная пластина-ложеобразователь 4 погружается на заданную глубину посева позади и сверху лапового сошника; режимы и параметры колебаний пластины обеспечивают оптимальную плотность подпочвенной прослойки между семенами и удобрениями в диапазоне 1,0...1,2 г/см<sup>3</sup>.

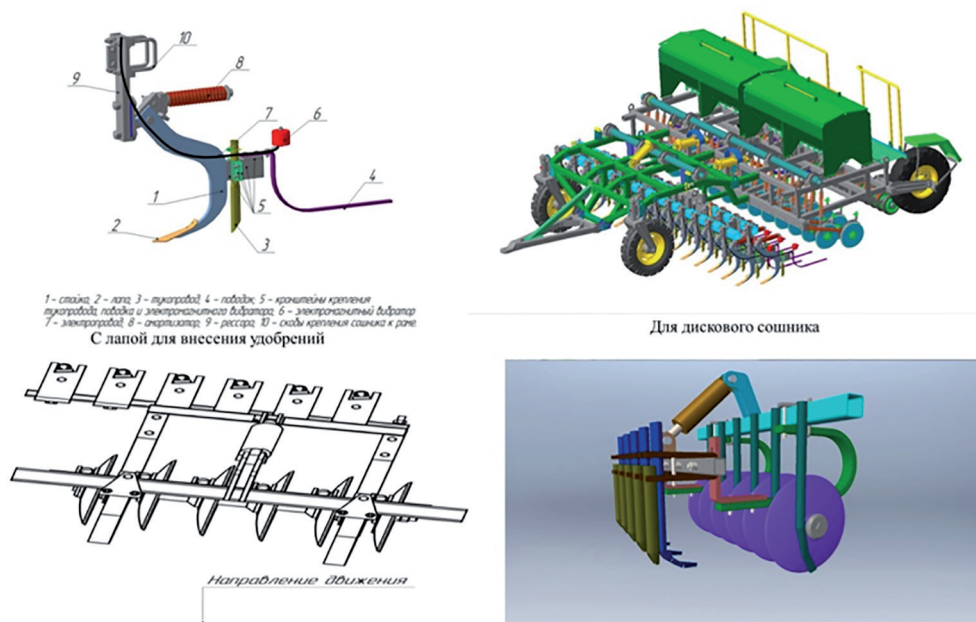
Лабораторные исследования проведены на лабораторном посевном передвижном агрегате с виброэлектроприводом с насыпным почвенным грунтом, механизмом привода колебательного режима пластины-ложеобразователя и регистрирующего устройства.

В ходе экспериментальных исследований по прошествии двух недель была определена равномерность глубины посева с вибрацией и без нее (рис. 6).

Зависимости равномерности глубины заделки семян с вибрацией полностью выполняют агротехнические требования, а без вибрации семена могут проникать в ложе на глубину от 2 до 6 см.

Визуально отмечен «недогон» растений до 30 % (± 2 см) в опытах без применения вибрации, что совершенно недопустимо.

Из анализа уравнений регрессии показателя плотности почвы при использовании двух



**Рис. 5. Варианты виброуплотнителя для бесконтактного посева семян и удобрений**

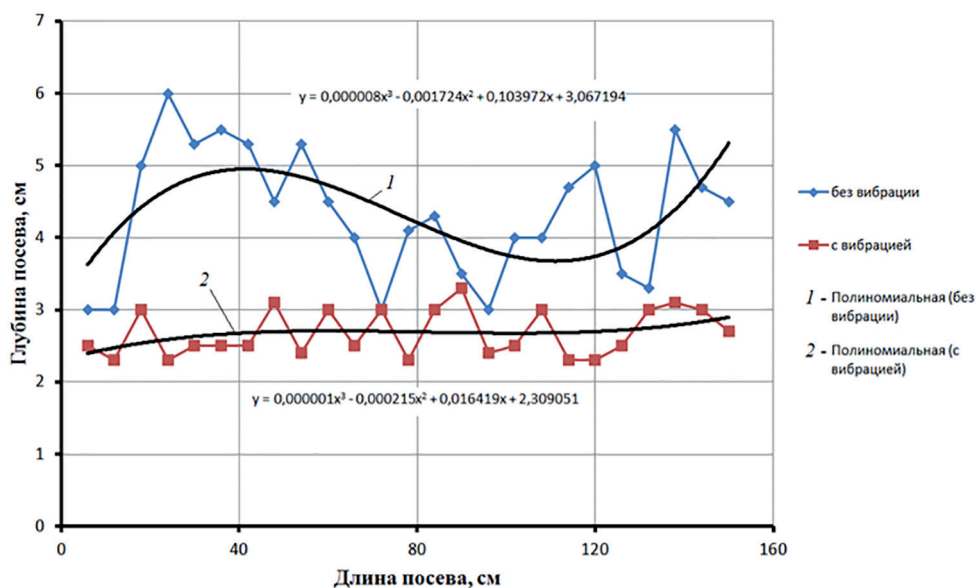


Рис. 6. Зависимости равномерности глубины посева с вибрацией и без нее

рессор следует, что при эксцентриситете в 5 мм для достижения заданной плотности почвы необходимо увеличить частоту вращения дебаланса до 50 Гц, а при отклонении на 8 мм – достаточна частота вибрации в 40 Гц. При этом значение массы груза существенно не изменяется, а сам показатель плотности почвы при отклонении эксцентрика до 8 мм менее зависит от внешних возмущений.

### Выводы

Исполнительные подсистемы макетных (пилотных) образцов многофункциональных сеялок для реализации созданной технологии выполнены с использованием новых принципов их работы, позволяющих управлять режимами технологических операций микроэлектронной системой управления, которая обеспечивает повышение производительности труда в 1,6...1,8 раза, снижение удельной энергоемкости до 45 % и материалоемкости до 40 %.

### Литература

1. Беспамятнова Н.М. Колебания и вибрации в технологических процессах почвообрабатывающих и посевных машин и агрегатов. Волгоград: ВНИПТИМЭСХ, 2008. 224 с.
2. Хаген Г. Синергетика. М.: Мир, 1980. 404 с.
3. Вильсон У.К. Вибрационная техника. М.: Машгиз, 1963. 415 с.

4. Зенков Р.Л. Механика насыпных грузов. М.: Машиностроение, 1964. 216 с.
5. Беспамятнова Н.М., Беспамятнов Ю.А., Реутин В.В. Методология создания единого вибровысевающего аппарата для семян и удобрений // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 113 (09). С. 56–69.

### References

1. Bepamyatnova N.M. Kolebaniya i vibratsii v tekhnologicheskikh protsessakh pochvoobrabatyvayushchikh i posevnykh mashin i agregatov [Fluctuations and vibrations in the technological processes of soil cultivating and sowing machines and aggregates]. Volgograd: VNIPTIMESKh Publ., 2008. 224 p.
2. Khaken G. Sinergetika [Synergy]. Moscow: Mir Publ., 1980. 404 p.
3. Vil'son U.K. Vibratsionnaya tekhnika [Vibration technology]. Moscow: Mashgiz Publ., 1963. 415 p.
4. Zenkov R.L. Mekhanika nasypnykh грузов [Mechanics of bulk cargoes]. Moscow: Mashinostroenie Publ., 1964. 216 p.
5. Bepamyatnova N.M., Bepamyatnov Yu.A., Reutin V.V. Methodology for creating a single vibro-seeding device for seeds and fertilizers. Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Polytechnical network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University]. 2015. No 113 (09), pp. 56–69 (in Russ.).